

# Control con Lógica Difusa

## Introducción a la Lógica Difusa

Dr. Fernando Ornelas Tellez

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo  
Facultad de Ingeniería Eléctrica

Morelia, Michoacan

# Contenido del Curso

- 1 Introducción a la Lógica Difusa
- 2 Teoría de Conjuntos Difusos
- 3 Control Difuso

Evaluación: 2 Exámenes y Reporte de Proyecto Final

# Bibliografía

- 1 D. Driankov et al. An introduction to Fuzzy Control (2nd Ed.), Springer, 1996.
- 2 G. Chen. Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic and Fuzzy Control Systems, CRC Press
- 3 K. Tanaka et al. Fuzzy Control Systems Design and Analysis, John Willey and Sons.
- 4 Fuzzy Logic Toolbox, User's Guide, The Math Works

## 1 Introducción a la Lógica Difusa

- Introducción, conceptos básicos y diferencias fundamentales entre la Lógica Difusa y la Lógica Binaria.
- Breve reseña histórica de la Lógica Difusa
- Aplicaciones de la Lógica Difusa.

# Outline

- 1 **Introducción a la Lógica Difusa**
  - Introducción, conceptos básicos y diferencias fundamentales entre la Lógica Difusa y la Lógica Binaria.
  - Breve reseña histórica de la Lógica Difusa
  - Aplicaciones de la Lógica Difusa.

## Intro.

La lógica difusa (o borrosa) ha cobrado una fama grande por la variedad de sus aplicaciones, que van desde el control de procesos industriales, hasta el control de equipos electrónicos de uso doméstico y de entretenimiento, sistemas de diagnóstico, etc.

Se ha considerado que el concepto de lógica difusa apareció en 1965, en la Universidad de California en Berkeley, introducido por [Lotfi A. Zadeh](#)<sup>1</sup>.

La lógica difusa es esencialmente una lógica multivaluadas (lógica que distribuye los valores de verdad de manera uniforme sobre el segmento real  $[0, 1]$ ), que extienden a las lógicas clásicas, con el conjunto {falso, verdadero}.

---

<sup>1</sup>L. A. Zadeh, "Fuzzy logic," IEEE Computer, pp. 1–83, 1988.

## Intro.

La lógica clásica ha modelado satisfactoriamente a una gran parte del razonamiento “natural”, mientras que el razonamiento humano utiliza valores de verdad que no necesariamente son “tan deterministas”.

Por ejemplo, al calificar que “el cielo es azul”, en lenguaje humano se está tentado a graduar qué tan “azul”. Otro ejemplo, si “un vehículo se mueve rápido”, también se está obligado a considerar qué tan rápido, aunque esto último no implique necesariamente cuantificar la velocidad del vehículo con toda precisión.

La lógica difusa procura crear aproximaciones matemáticas en la resolución de ciertos tipos de problemas. Pretenden producir resultados exactos a partir de datos imprecisos.

## Intro.

El adjetivo “difuso” aplicado a la lógica difusa (LD) se debe a que los valores de verdad no-deterministas utilizados tienen, por lo general, una connotación de incertidumbre.

Un vaso medio lleno, que también está medio vacío, no está lleno completamente, ni está vacío completamente. Qué tan lleno está es un elemento de incertidumbre, es decir, de difusidad, entendida ésta última como una propiedad de indeterminismo.

Por otra parte, lo difuso puede entenderse como la posibilidad de asignar más valores de verdad a los enunciados clásicos de “falso” o “verdadero”.

En determinadas áreas de conocimiento, a sus enunciados se les asocia valores de verdad que son grados de veracidad o falsedad, mucho más amplios que los meros “falso” y “verdadero”.

# Intro.

El objetivo de todo sistema que utiliza lógica difusa es describir los grados de los enunciados de salida en términos de los de entrada.

Desde el punto de vista tecnológico, las lógicas difusas se encuadran en el área de la llamada Inteligencia Artificial y han dado origen a sistemas expertos de tipo difuso y a sistemas de control automático.

# Outline

## 1 Introducción a la Lógica Difusa

- Introducción, conceptos básicos y diferencias fundamentales entre la Lógica Difusa y la Lógica Binaria.
- Breve reseña histórica de la Lógica Difusa
- Aplicaciones de la Lógica Difusa.

## Reseña histórica de la Lógica Difusa

Parece que la lógica difusa (borrosa) es algo reciente, pero sus orígenes se remontan a los tiempos de los filósofos Aristóteles y Platón. Ellos son los primeros en considerar que las cosas no tienen porqué ser de un cierto tipo o dejar de serlo, sino que hay una escala intermedia entre los dos extremos.

En 1920 Jan Lukasiewicz, desarrolló la primera lógica de vaguedades. Para él los conjuntos tienen un posible grado de pertenencia con valores que oscilan entre 0 y 1, y en éste intervalo existen un número infinito de valores.

## Reseña histórica de la Lógica Difusa

El padre del término “difuso o borroso” fue Lofti Asier Zadeh, cuando en 1965 publicó “Fuzzy Sets” (Conjuntos Difusos).



## Reseña histórica de la Lógica Difusa

La intención de Zadeh era la creación de un formalismo para manejar de forma más eficiente la imprecisión del razonamiento humano.

Es en 1971, cuando realiza la publicación de “Quantitative Fuzzy Semantics” en donde aparecen los elementos formales que dan lugar a la metodología de la Lógica Borrosa y de sus aplicaciones tal y como se conocen en la actualidad.

En 1974 Assilian y Mamdani en el Reino Unido desarrollaron el primer controlador difuso diseñado para la máquina de vapor.

La implantación real de un controlador de este tipo no fue realizada hasta 1980 por F.L. Smidth & Co. en una planta cementera en Dinamarca.

## Reseña histórica de la Lógica Difusa

En 1987, Hitachi usó un controlador fuzzy para el control del tren de Sendai, el cual usa uno de los sistemas más novedosos creados por el hombre, permitiendo que el metro arranque y frene con suavidad, sin producir alteraciones entre los pasajeros.

En 1987 es considerado como el año del “fuzzy boom” debido a la gran cantidad de productos basados en Lógica difusa que se comercializan.

De forma paralela al desarrollo de las aplicaciones de la lógica difusa, Takagi y Sugeno desarrollan la primera aproximación para construir reglas fuzzy a partir de datos de entrenamiento.

# Outline

- 1 **Introducción a la Lógica Difusa**
  - Introducción, conceptos básicos y diferencias fundamentales entre la Lógica Difusa y la Lógica Binaria.
  - Breve reseña histórica de la Lógica Difusa
  - Aplicaciones de la Lógica Difusa.

## Lógica difusa en los sistemas de control

La lógica difusa tiene gran utilidad ya que ella nos permite tratar problemas demasiado complejos, mal definidos o para los cuales no existen modelos matemáticos precisos.

En los últimos años la lógica difusa se ha utilizado en distintos tipos de instrumentos, máquinas y en diversos ámbitos de la vida cotidiana. Algunos ejemplos:

Productos creados para el consumidor: Lavadoras difusas, hornos microondas, sistemas térmicos, traductores lingüísticos, aplicaciones de vídeo, televisores, etc.

Sistemas: Elevadores, trenes, automóviles (sistemas de transmisiones, de frenos, mejora de la eficiencia del uso de combustible), controles de tráfico, etc.

Software: Diagnóstico médico, seguridad, comprensión de datos, etc.

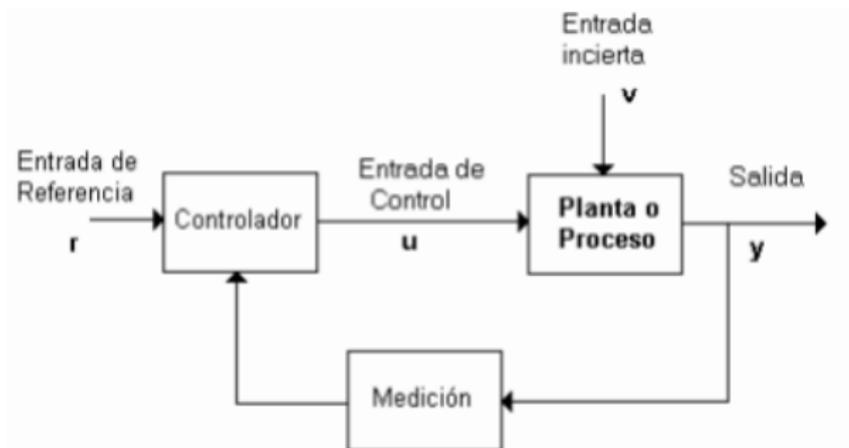
# Motivación

## Diseño de un Sistema de Control Convencional

Posterior a tener una entendimiento de la dinámica de la planta y haber establecido los objetivos de control, el ingeniero de control usualmente resuelve el problema de control por medio de:

- 1 Desarrollo de un modelo matemático
- 2 En base al modelo, diseñar un controlador.
- 3 Implementación del controlador en lazo cerrado

# Esquema de Control Clásico



# Motivación

## Diseño de un Control Difuso

El control difuso da una metodología formal para representar, manipular e implementar el conocimiento heurístico humano sobre como controlar un sistema.

La lógica difusa viene por el deseo de satisfacer uno o más de los siguientes objetivos:

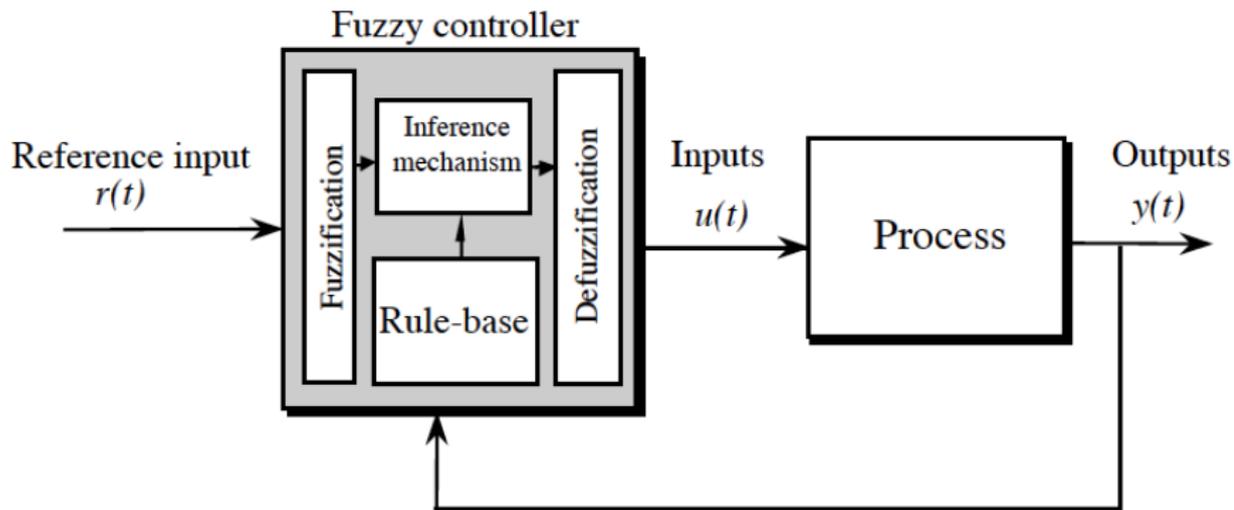
- 1 Mejorar la robustez que se obtiene con los métodos clásicos de control lineal;
- 2 Diseño de control e implementación simples para modelos complejos;
- 3 No tener la necesidad de conocer el modelo de la planta;
- 4 Control lingüístico - conocimiento humano.

# Diseño de un Control Difuso

Las cuatro principales partes que conforman un sistema de control difuso son:

- 1 Fusificación: transformar los valores de la entrada a valores lógicos;
- 2 Base de conocimiento: contiene un conocimiento del dominio de aplicación y los objetivos de control;
- 3 Lógica de hacer y tomar decisiones; desarrolla la inferencia para acciones de control difuso;
- 4 Defusificación: transformar los valores lógicos en variables de salida útiles para los dispositivos de control.

# Esquema de Control Difuso



# Límites del Control Difuso

Las aplicaciones de la Lógica difusa tiene sus limitantes. Esta teoría debe aplicarse sólo en los casos en los cuales ha conocimiento del sistema a controlar, y éste puede expresarse en términos de lógica difusa.

Por otro lado, generalmente se encuentran dificultades para demostrar formalmente la estabilidad de los sistemas que usan lógica difusa.

## Definiciones importantes

### Lógica Difusa

La lógica difusa es un conjunto de principios matemáticos basados en grados de membresía o pertenencia, cuya función es modelar. Este modelado se hace con base en reglas lingüísticas que aproximan una función mediante la relación de entradas y salidas del sistema (composición). Esta lógica presenta rangos de membresía dentro de un intervalo entre 0 y 1, a diferencia de la lógica convencional, en la que el rango se limita a dos valores, el cero y el uno.

# Definiciones importantes

## Lógica Difusa

La lógica difusa es una extensión de la lógica multivaluada (lógica que distribuye los valores de verdad de manera uniforme sobre el segmento real  $[0, 1]$ ), que además está relacionada y fundamentada en la teoría de conjuntos difusos. Según esta teoría, será una función de transferencia (que tomará cualquiera de los valores reales comprendidos en el intervalo  $[0, 1]$ ) la que determine el grado de pertenencia de un elemento a un conjunto.

# [allowframebreaks]Para mayor información



D. Driankov et al.

An introduction to Fuzzy Control (2nd Ed.)

Springer, 1996



G. Chen

Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic and Fuzzy Control Systems

CRC Press.



K. Tanaka et al.

Fuzzy Control Systems Design and Analysis

John Willey and Sons



Fuzzy Logic Toolbox

Users Guide

The Math Works



S. Someone.